



INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

RT-IEN- 98/2002

SISTEMA DE MONITORAMENTO DO NÍVEL DAS INTERFACES LÍQUIDO-LÍQUIDO NAS CUBAS DE SEPARAÇÃO DE TERRAS RARAS

por

Eugenio Rangel Marins
Jose Eugênio Rangel Marins

dezembro/2002

NOTA
ESTE RELATÓRIO É PARA USO EXCLUSIVO DO INSTITUTO DE
ENGENHARIA NUCLEAR

O direito a utilização de informações relacionadas ao trabalho de pesquisa realizado no IEN é limitado aos servidores da CNEN e pessoal de organizações associadas, nos limites dos termos contratuais que regem os respectivos convênios. O conteúdo dos relatórios não pode ser separado ou copiado sem autorização escrita do IEN.



INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

Título: SISTEMA DE MONITORAMENTO DO NÍVEL DAS INTERFACES LÍQUIDO-LÍQUIDO NAS CUBAS DE SEPARAÇÃO DE TERRAS RARAS

Autor(es): Eugenio Rangel Marins Jose Eugênio Rangel Marins				e-mail: eugenio@ien.gov.br
Identificação: RT-IEN-98/2002	Nº de páginas:	Tipo de Divulgação: Irrestrita (X) Restrita ()	Divulgar para: IEN	Localização: INTRANET

Publicação externa associada (congresso/periódico):

Não se aplica

Palavras chave:

Sistema supervisorio, controle de processos, aquisição de dados, porta paralela

Resumo:

Neste Relatório Técnico é apresentado o projeto de um sistema para monitoramento do nível da interface entre as fases aquosa e orgânica em cada uma das cubas do aparato de separação de terras raras.

Abstract:

In this Technical Report we present a system designed to supervise the vertical position of the interface between the aqueous and organic phases on the rare-earth separator cells.

Emissão		Nome	Rubrica	Data
Data:				31/01/03
31/01/03	Elaboração:	Eugenio Rangel Marins		
Divisão:				31/01/03
DIQN	Revisão:	Glória R. S. Wildhagen		
Serviço:				31/01/03
SETEQ	Aprovação :	José Waldemar S. D. Cunha		

Instituto de Engenharia Nuclear:

Via 5 s/n, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, CEP 21945-970, CP 68.550, Rio de Janeiro – RJ - Brasil .

Tel.: 00 55 21 2209-8080

Internet: www.ien.gov.br

Introdução

Este Relatório Técnico descreve o sistema projetado para monitorar a posição da interface entre as fases aquosa e orgânica do aparato de separação de terras raras. O sistema consiste em um condutivímetro que recebe, através da interface descrita no relatório RT-IEN-71/2001, um sinal de cada uma das 96 cubas e envia a um programa de computador a informação que indica se a altura da interface está alta, normal ou baixa. As posições alta e baixa geram um aviso ao operador e um registro de não conformidade.

Princípio de funcionamento

A informação que se deseja monitorar é a posição vertical da interface líquido-líquido. Esta informação será obtida com a utilização de um sensor instalado em cada cuba. O sensor consiste em um contato com dois fios imersos nas soluções. A figura 1 mostra o desenho do sensor.

A solução sobrenadante é orgânica e de baixa condutibilidade. A solução aquosa, com conteúdo iônico, possui boa condutibilidade. Um dos pólos do sensor será ligado a uma fonte de corrente alternada. A corrente observada no outro pólo do sensor será uma função da profundidade do sensor na fase aquosa. Essa corrente será convertida proporcionalmente em voltagem. A voltagem resultante da leitura do sinal em cada cuba será submetida a comparadores que irão gerar um sinal digital indicando nível alto, normal ou baixo. O sinal gerado pelos comparadores será lido diretamente pelo programa de computador, que irá monitorar as cubas utilizando a metodologia de interfaces abordada no relatório RT-IEN-17/2001. O chaveamento que permitirá a leitura individual do sinal de cada cuba será realizado pela interface apresentada no relatório RT-IEN-71/2001

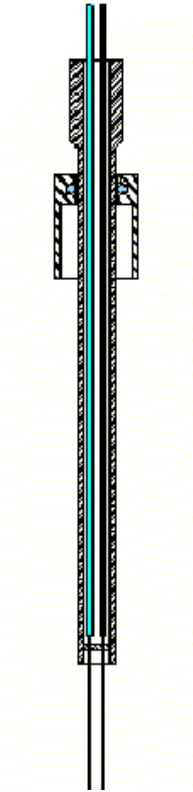


Figura 1: Desenho do sensor de nível.

Análise do circuito do condutivímetro

A fim de se reduzir a voltagem aplicada pode ser usada uma resistência padrão R_p em série com a cuba. Supondo que a resistência do sensor (função do nível da interface) seja R_x , tem-se, do esquema da figura 2, que a voltagem lida E_1 em função da voltagem aplicada E_0 será:

$$E_1 = E_0 \cdot \frac{R_p}{R_p + R_x}$$

A impedância dos contatos do sensor imersos na solução (figura 3(a)) é equivalente a uma resistência em paralelo com um capacitor (figura 3(b)). O efeito disso é que na leitura do

sensor existirá uma corrente capacitiva indesejável. Como a resistência da cuba, função do comprimento dos fios do sensor imerso na fase aquosa, é o dado procurado, a corrente capacitiva deverá ser eliminada.

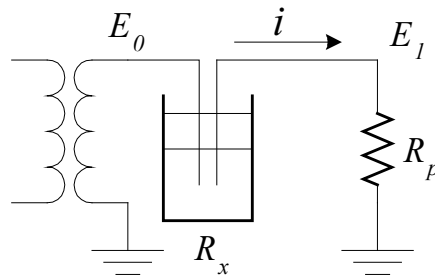


Figura 2: Esquema com a resistência padrão.

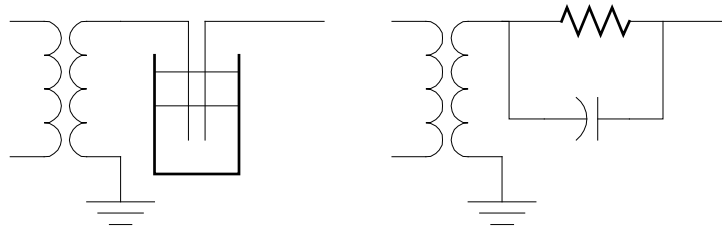


Figura 3: (a) Conjunto sensor e cuba. (b) Equivalência com capacitor e resistência.

A corrente que passa pela célula é transformada em voltagem e em seguida, demodulada sincronamente para eliminar a componente capacitiva. Após a integração não haverá contribuição da componente capacitiva, restando somente a componente resistiva. Como a carga do capacitor é proporcional à derivada da corrente em relação ao tempo, a componente capacitiva estará defasada de $\pi/2$ da componente resistiva. Este fato permitirá que se faça a integração de modo que a integral da componente capacitiva se anule. A resistência padrão, que não estará em série com a cuba, irá controlar a sensibilidade do circuito. Caso a corrente i_x seja pequena, usa-se uma R_p grande a fim de se obter precisão na

medida de $E_1 = -i_x \cdot R_p$. Observe-se que $V_A = 0$ (terra virtual). O esquema é o mostrado na figura 4.

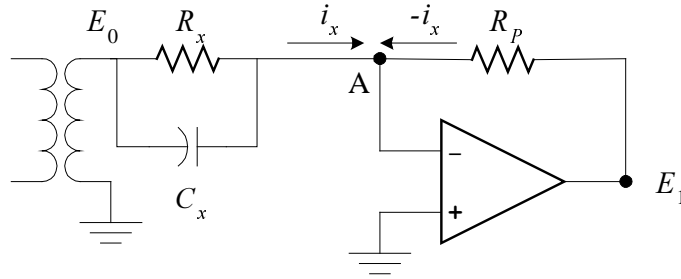


Figura 4: Conversão da corrente em voltagem.

A fase positiva da senóide da componente resistiva coincidirá com a fase positiva da voltagem aplicada no sensor. Por este motivo a fonte de voltagem do sensor também será utilizada para gerar o sinal para o chaveamento, mantendo a sincronia desejada. Observe-se que, no mesmo intervalo, a co-senóide da componente capacitiva varia desde um mínimo negativo ao máximo positivo, gerando uma integral nula. Após o integrador tem-se uma voltagem que corresponde ao valor médio da componente resistiva. O esquema é mostrado na figura 5.

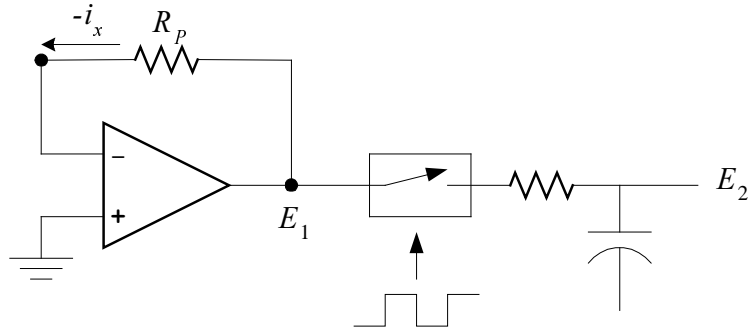


Figura 5: Demodulação síncrona: chaveamento e integração.

O terminal onde se medirá a voltagem E_2 (figura 5) deverá estar ligado a uma alta impedância que impeça uma descarga do capacitor, o que prejudicaria a função do integrador. Novamente se fará uso de um amplificador operacional que impedirá a passagem de corrente, mas reproduzirá o valor de E_2 em sua saída. O esquema está representado na figura 6.

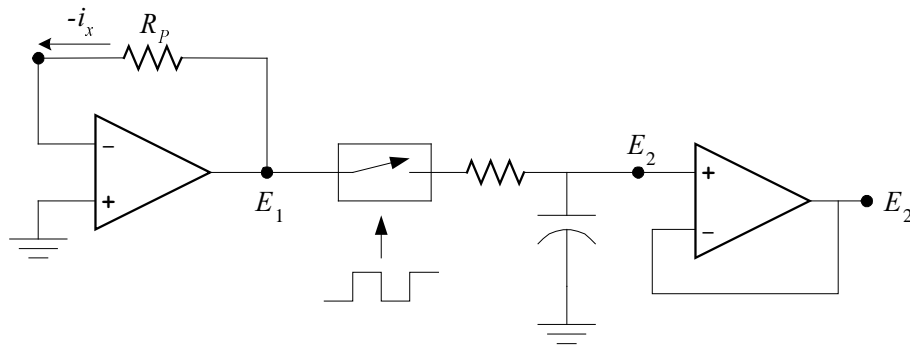


Figura 6: Buffer de isolamento do circuito integrador.

A onda quadrada necessária ao chaveamento será obtida pela saturação de um amplificador operacional: valores positivos da voltagem levam a saída do amplificador à saturação no valor de $+B$, valores negativos levam a $-B$. A velocidade da transição da onda quadrada

poderá ser acelerada com o uso de uma chave lógica NAND, que possui tempo de resposta menor que o do amplificador. O uso de duas chaves lógicas permitirá a inversão e integração da voltagem na sua fase negativa, aumentando o valor médio após a integração e, conseqüentemente, a sensibilidade do circuito. O circuito do oscilador está representado na figura 7. Observe-se os sinais defasados de $\pi/2$ nos pontos C e D. Este recurso será utilizado no circuito para realizar a demodulação síncrona, retificando os ciclos positivos e negativos da senóide.

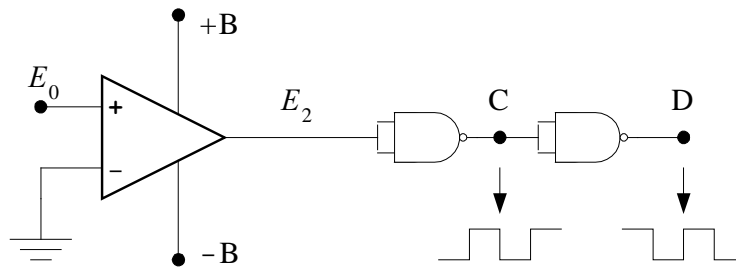


Figura 7: Geração da onda quadrada em fase e contra-fase.

Comparadores

A solução mais simples encontrada para a geração do sinal digital que será lido pelo programa de computador foi a utilização de amplificadores operacionais de forma análoga àquela usada para a geração da onda quadrada do chaveamento. Serão usados dois amplificadores operacionais para a comparação. Cada um receberá o sinal demodulado e o comparará com uma voltagem. Para cada comparador deve-se estabelecer a voltagem que corresponderá a uma mudança de sinal conforme para não conforme. Estes valores de comparação poderão ser facilmente ajustados para se obter uma maior ou menor sensibilidade na detecção do nível da interface. O funcionamento é idêntico ao do gerador de ondas quadradas: sinal abaixo da voltagem de referência implicará em uma saturação em -B; acima, em saturação +B. Usando-se uma alimentação de todo o circuito analógico com

valor adequado, as saídas dos comparadores poderão ser diretamente utilizadas como sinais digitais e lidas pelo programa.

A figura 8 mostra o esquema de um comparador. Se a voltagem do sinal, E_2 for maior que a voltagem de referência (E_3), a saída, E_4 , será $+B$; se $E_2 < E_3$, $E_4 = -B$.

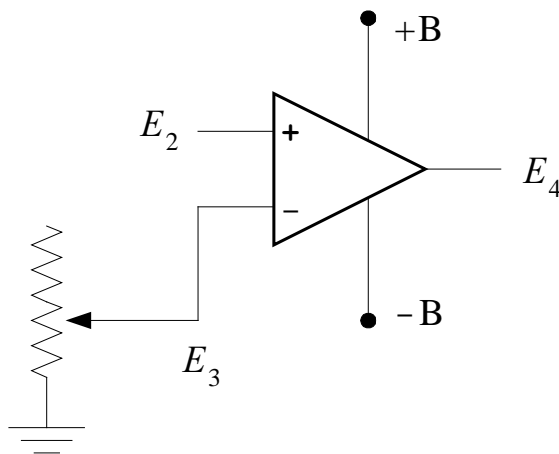


Figura 8: Comparador de voltagem.

Fonte de alimentação do circuito

A alimentação será feita, a princípio, por um único transformador que fornecerá a voltagem alternada (em torno de 1 V) para os sensores e, após retificação, voltagem contínua para o circuito. O esquema da figura 9 mostra o circuito da fonte estabilizada para a alimentação do circuito. O valor de $+B = 5\text{ V}$ permitirá que a saída do comparador seja lido diretamente pelo programa de computador, via porta paralela. Por precaução o circuito será isolado do computador por acopladores óticos.

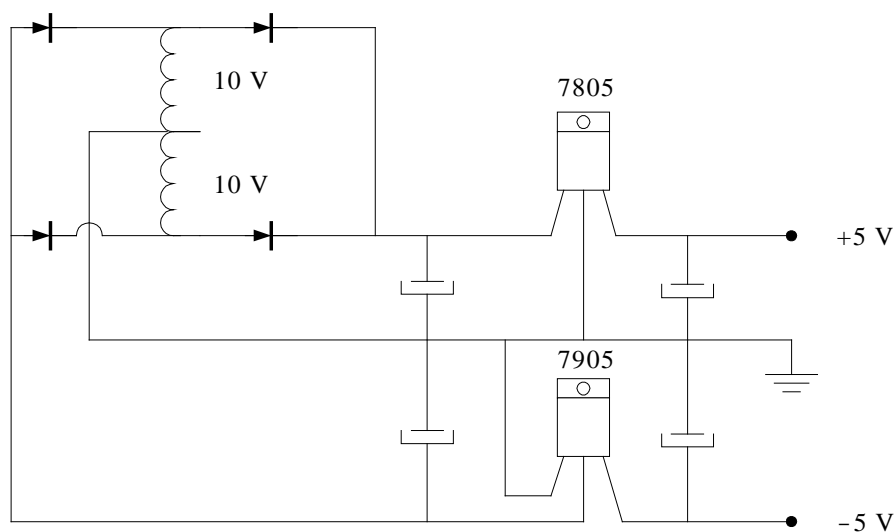


Figura 9: Fonte estabilizada para alimentação do circuito.

Esquema e componentes do circuito do condutivímetro

O esquema da figura 10 mostra o circuito do condutivímetro. Os valores indicados, que não são os definitivos, são os que foram usados nos testes de bancada feitos com o sistema.

Valores preliminares dos componentes:

C1: 0,01 μF (250 V); C2: 2,2 μF .(250 V); R1: 1 k Ω ; R2: 1,2 k Ω ; R3: 10 k Ω ; R4: 10 k Ω ;
R5: 100 k Ω ; R6: 100 k Ω ; R7: 680 k Ω ; R8: 680 k Ω ; R9: 2,2 k Ω ; R10: 47 k Ω ; R11: 100 k Ω ;
R12: 6,8 k Ω ; R13: 2,2 k Ω ; R14: 68 k Ω ; R15: 100 k Ω ; R16: 6,8 k Ω .

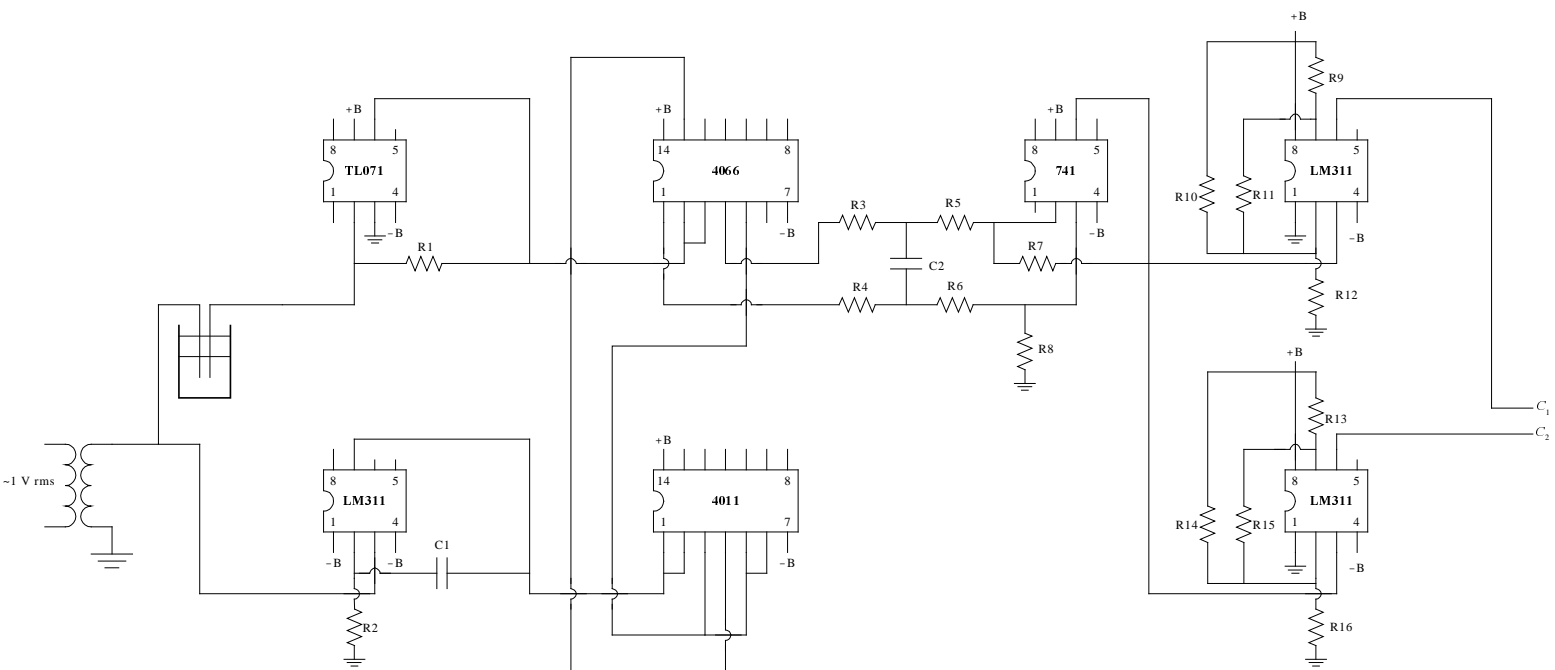


Figura 10: Esquema do circuito do condutivímetro.

Programa de computador para o monitoramento

O programa que aciona a interface é o apresentado no relatório RT-IEN-71/2001. A leitura de C1 e C2 (figura 10) será feita e analisada. As não conformidades poderão ser mostradas em tela ou disparar um sinal sonoro ou ainda ser armazenadas em um arquivo de registro.

Resultados experimentais

Até a data de publicação deste relatório foi possível testar o circuito do condutivímetro em bancada com a leitura de um sensor. O circuito da interface chaveadora também foi testado, mas em condições diferentes das da funcionamento real, sendo usados LEDs no lugar dos sensores. A interface funcionou de acordo com o desejado e possibilitou o teste do programa de computador, que também operou dentro do esperado. O sistema como um todo mostrou-se, nas condições de teste, satisfatório às aplicações em vista e apto para um teste mais abrangente, i. e., envolvendo múltiplos sensores, fiação entre condutivímetro e sensores compatível com a distribuição geográfica das cubas de separação e variações na condutibilidade de cada cuba, ao longo do processo de separação.

Próximos passos

Na continuação da implantação desse sistema deverão ser realizados testes envolvendo pelo menos uma coluna da matriz da interface, compreendendo 16 cubas. A necessidade é verificar se haverá uma interferência significativa das correntes de fuga na leitura e interpretação dos sinais. Em caso positivo, i. e., a fuga ser representativa, dever-se-á utilizar o esquema alternativo, apresentado em RT-IEN-71/2001, de isolamento de cada cuba através do uso de relés de “reed.”

Outro ponto que deverá ser levantado em testes com múltiplos sensores é o comportamento do sistema como um todo em relação aos tempos de resposta de cada circuito componente. O tempo total de resposta deverá estabelecer o limite inferior para uma varredura em todo o

sistema de cubas, de fundamental importância para aplicações do sistema aqui apresentado em situações com um número maior de cubas do que o atualmente utilizado (96 cubas) ou em situações industriais, onde os intervalos entre cada leitura poderão ser comparados com às variações de nível possíveis nestes mesmos intervalos. Esta comparação estabelecerá os níveis de segurança e as garantias de que o monitoramento irá atender as especificações de projeto da planta em questão.

Breve análise do benefício econômico

A filosofia que norteou a abordagem do problema neste projeto foi a de se abrir mão de soluções comerciais como placas de aquisição pré fabricadas e programas para sua utilização. O custo total deste projeto somente será conhecido com sua execução, uma vez que nem todos os detalhes e ajustes dos circuitos podem ser definidos antes de um teste piloto em condições reais. Estes custos devem levar em conta, além dos componentes eletrônicos e do computador que faz parte do sistema, a confecção das placas impressas, das caixas para acondicionamento do circuito e dos sensores.

O programa de computador está implementado em linguagem C ANSI, o que permitirá sua compilação e utilização em um sistema operacional de código aberto, como o Linux. Esta vantagem não se apresenta para a maioria das soluções com um sistema de aquisição de dados pronto, pois são, em sua quase totalidade, desenvolvidos para utilização em sistemas operacionais proprietários, cujo custo deverá ser adicionado ao desse tipo de solução, para efeito de comparação.

Bibliografia

Marins, E. R.; Marins, J. E. R.; **Características da Porta Paralela e sua Utilização em Interfaces**; Relatório Técnico RT-IEN-17/2001.

Marins, E. R.; Marins, J. E. R.; **Projeto de Interface Genérica para Porta Paralela**; Relatório Técnico RT-IEN-71/2001.